

KOMPOSIT BATU APUNG DAN CLAY SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN KOMPON LIS KACA MOBIL

THE COMPOSITE OF PUMICE AND CLAY AS THE FILLER IN THE CAR GLASS FRAME COMPOUND PRODUCTION

Syamsul Bahri dan Rahmaniar

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl Perindustrian II No 12, KM 9, Palembang, Indonesia, 30152
e-mail: rahmaniar_eeen@yahoo.co.id

Diterima: 23 Februari 2015; Direvisi: 3 Maret 2015 – 24 April; Disetujui: 29 Mei 2015

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi bahan pengisi batu apung dan *clay* dalam pembuatan kompon yang sesuai dengan spesifikasi lis kaca mobil. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) kali ulangan, dua faktor. Faktor pertama konsentrasi batu apung dan *clay* (A) phr : ($A_1=20:80$, $A_2 = 40:60$, $A_3 = 50:50$, $A_4 = 60:40$, $A_5 = 80:20$), faktor kedua campuran batu apung dan *clay*, phr ($B_1 : 50$, $B_2 : 60$, $B_3 : 70$, $B_4 : 80$, $B_5 : 90$). Parameter yang diuji kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan usang yaitu kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus. Hasil uji kompon yang baik terdapat pada formula A_4B_4 dengan bahan pengisi batu apung berbanding *clay* yaitu 60 : 40 dan jumlah bahan pengisi yang digunakan yaitu 80 phr. Adapun karakteristik fisik kompon yang dihasilkan mempunyai nilai yaitu kekerasan 69 shore A, tegangan putus 29 N/mm², perpanjangan putus 272%, ketahanan usang untuk parameter kekerasan = 67 shore A, tegangan putus 26 N/mm², perpanjangan putus 275%. Hasil uji yang dilakukan untuk semua parameter memenuhi SNI 06-1490-1989 Lis kaca kendaraan bermotor.

Kata kunci : batu apung, *clay*, kompon karet

Abstract

The objective of this research was to find out the formulation of the pumice and clay filler in the car glass frame compound production. The experimental design used in this study was Complete Randomized Design (CRD) with two replications and two factors. The first factor was pumice and clay concentration (A_1 20:80, A_2 40:60, A_3 50:50, A_4 60:40, A_5 80:20), the second factor was a mixture pumice and clay ($B_1 : 50$, $B_2 : 60$, $B_3 : 70$, $B_4 : 80$, $B_5 : 90$). The tested parameters were hardness, tensile strength, elongation at break and after ageing. Test results good compounds were present in the formula A_4B_4 with fillers pumice and clay that was 60: 40 and the number of fillers were used 80 phr. As for the physical characteristics compound resulting it has value hardness 69 shore A, tensile strength 29 N/mm², elongation at break 272 %, after ageing to the parameters of hardness 67 shore A, tensile strength 26 N/mm², elongation at break 275 %. Testing shows that was done for all of the parameters of meet SNI 06-1490-1989 wainscoting glass motor vehicle.

Keywords : pumice, clay, compound rubber

PENDAHULUAN

Bahan pengisi (*Filler*) merupakan salah satu bahan kimia sebagai penyusun struktur molekul yang digunakan dalam pembuatan kompon untuk barang jadi karet. Bahan pengisi berfungsi sebagai penguat (*reinforcing*) yang dapat memperbesar volume karet, dapat memperbaiki sifat fisis barang karet dan memperkuat vulkanisat (Boonstra, 2005).

Efek penguatan bahan pengisi ditentukan oleh ukuran partikel, keadaan permukaan dan bentuk, kehalusan

butiran dan kerataan penyebarannya. Jenis dan jumlah bahan pengisi ditentukan terutama oleh karakteristik produk yang diinginkan dan kelenturannya. Bahan pengisi adalah campuran dari berbagai material (Rihayat, 2007). Bahan pengisi yang paling umum digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah *carbon black*. Menurut Thomas (2005) penambahan *carbon black* ke dalam kompon karet dalam jumlah besar dengan tujuan meningkatkan sifat fisik dan memperbaiki karakteristik pengolahan. Penambahan *carbon black*

akan mempengaruhi sifat kompon, viskositas dan kekuatan kompon akan bertambah, namun penggunaan *carbon black* menghadapi kendala yaitu bahan yang berasal dari turunan minyak bumi, tidak terbarukan dan tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk mengatasi kelemahan ini, diantaranya penggunaan bahan pengisi komposit batu apung dan *clay*, batu apung selain harga yang relatif lebih murah dibanding *carbon black*, tersedia cukup banyak, ramah lingkungan.

Batu apung atau pumice merupakan jenis batu yang berwarna terang, mengandung buih yang terbentuk dari gelembung ber dinding gelas. Batuan ini terbentuk dari magma asam dari letusan gunung api, penyusun batu apung terdiri dari silika, alumina, besi oksida dan mineral lainnya (Chandra *et al.*, 2014; Mahaddila dan Putra, 2013). Batu apung dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengisi karena batu apung mengandung unsur kimia yang dapat menambah kekuatan ikatan yang terjadi pada komponen vulkanisat batu apung karet. Komposisi batu apung sebagian besar mengandung SiO_2 berkisar 60,56-66,2% (Pramudono, 1997; Miskah, 2010; Wibowo dan Putra, 2013). Disamping itu hampir di seluruh daerah Kabupaten Sumatera Selatan memiliki potensi batu apung yang cukup besar hal ini dikarenakan Sumatera Selatan merupakan daerah pegunungan. *Clay* dikenali sebagai tanah liat, merupakan jenis mineral halus, berbentuk kepingan, komposisi makro dari *Clay* SiO_2 50,03% (Sebayang, 2010). Silika termasuk bahan pengisi penguat sehingga dengan melakukan komposit antara batu apung dan *clay* diharapkan mampu meningkatkan sifat fisik barang jadi karet, sehingga dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik (Alfa, 2005).

Seiring dengan keterbatasan minyak bumi dalam proses pembuatan kompon lis kaca mobil dari bahan turunan minyak bumi, maka dalam penelitian ini dilakukan untuk pembuatan lis kaca dari unsur non minyak bumi, salah satunya adalah bahan pengisi

yang digunakan adalah komposit batu apung dan *clay*. Dengan menggunakan bahan pengisi komposit batu apung dan *clay* dalam pembuatan barang jadi karet lis kaca mobil diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap sifat fisiknya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Industri Palembang, laboratorium INKABA Bandung. Kegiatan penelitian dilaksanakan mulai bulan Pebruari sampai dengan Nopember 2014.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet alam Rubber Smoke Sheet (RSS), Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM), batu apung, *clay*, zink oksida, asam stearat, sulfur, paraffinic oil, Brown factice, wax, N-Cyclohexyl-2benzothiazyl sulfenamide (CBS) dan Diphenylguanidine (DPG).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *open mill L 140 cm D18 cm kapasitas 1 kg, pressing rubber, moulding, cutting scrub*, neraca analitis, timbangan *metler* p120 kapasitas 1200 g, *glassware*, timbangan duduk merek berkel kapasitas 15 kg, *cutting scraf* besar, alat press, cetakan *sheet, glassware* dan gunting.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan variasi bahan pengisi dari batu apung dan *clay* dalam pembuatan kompon karet. Adapun variasi perlakuan adalah sebagai berikut :

- a. Konsentrasi batu apung dan *clay* dengan ukuran partikel 200 mesh (A), satuan dalam phr :
 A_1 : Batu apung : *clay* = 20 : 80
 A_2 : Batu apung : *clay* = 40 : 60
 A_3 : Batu apung : *clay* = 50 : 50
 A_4 : Batu apung : *clay* = 60 : 40
 A_5 : Batu apung : *clay* = 80 : 20

- b. Variasi komposit batu apung : *clay* (B), satuan dalam phr, yaitu meliputi:
B₁ : 50 phr; B₂:60 phr; B₃: 70 phr; B₄ : 80 phr; B₅ : 90 phr.

Tabel 1. Komposisi Formula Percobaan

NO	NAMA BAHAN	FORMULA (phr)
1.	EPDM	40
2.	RSS	60
3.	Batu apung	Sesuai perlakuan
4.	Clay	Sesuai perlakuan
5.	Parafinic oil	2
6.	Brown factice	2
7.	ZnO	4
8.	SA	1,5
9.	P wax	0,5
10.	CBS	1,5
11.	DPG	0,5
12.	Sulfur	2,5

Dalam penelitian ini formula pembuatan kompon karet dengan menggunakan pengisi batu apung dan clay terdapat pada Tabel 1.

Tahapan Penelitian

Persiapan bahan

Bahan kimia dari masing-masing formula kompon ditimbang sesuai dengan yang telah ditentukan. Jumlah dari setiap bahan didalam formula kompon dinyatakan dalam PHR (berat per seratus karet) dengan memperhatikan faktor konversinya.

Mixing (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses :

- Mastikasi RSS dan EPDM masing masing selama 1-3 menit
- Tambahkan bahan - bahan kimia sesuai dengan urutan pencampuran bahan.
- Vulkanisasi proses yang merupakan proses akhir yakni pencampuran belerang, sehingga mencapai kematangan yang diinginkan.

- Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan tentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dan letakkan diatas plastik transparan, potong kompon disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat.

Pengujian Kompon Karet

Kompon karet yang dihasilkan akan diuji mutunya. Parameter yang diuji adalah Kekerasan (ASTM D 2240-1997) Shore A, Tegangan putus (ISO 37, 1994), N/mm², Perpanjangan putus (ISO 37, 1994), %, Ketahanan Usang 70°C, 24 Jam (ISO 188-1996), Kekerasan (ASTM D 2240-1997), Tegangan putus (ISO 37, 1994), Perpanjangan putus (ISO 37, 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kekerasan

Kekerasan dari vulkanisat berbeda-beda, bergantung pada jumlah bahan pengisi dan jumlah bahan pelunak yang digunakan dalam kompon (Thomas, 2003). Prinsip dari pengukuran kekerasan dengan alat shore A adalah pengukuran penetrasi dari jumlah dengan beban tetap, terhadap vulkanisat karet pada kondisi tertentu Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan *vulkanisat* karet dengan kekuatan penekanan tertentu pada Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan kompon karet dengan bahan pengisi batu apung dan clay yang mempunyai nilai tertinggi yaitu sebesar 74 Shore A, sedangkan nilai terendah yaitu 65 shore A. Persyaratan uji untuk kekerasan kompon karet yang sesuai SNI Lis kaca kendaraan bermotor yaitu 70 ± 5 Shore A.

Karet alam cenderung menurunkan nilai kekerasan barang jadi karet, hal ini disebabkan karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam akan membuat kompon karet menjadi lunak. Kekerasan kompon karet terjadi, karena adanya reaksi ikatan silang antara gugus aldehida pada rantai

poliisoprene (1-6 per-rantai) dengan gugus aldehida terkondensasi yang ada

didalam bahan bukan karet (Refrizon, 2003).

Tabel 1. Hasil uji sifat fisik vulkanisat karet

Perlakuan	Sifat fisik vulkanisat					
	Kekerasan (Shore A)	Tegangan putus (N/mm ²)	Perpanjangan putus (%)	Kekerasan (Shore A)	Tegangan putus (N/mm ²)	Perpanjangan putus (%)
A ₁ B ₁	65	33	312	65	35	313
A ₁ B ₂	66	34	304	65	36	278
A ₁ B ₃	67	36	272	66	37	270
A ₁ B ₄	67	37	268	66	37	268
A ₁ B ₅	68	38	267	67	38	262
A ₂ B ₁	65	34	330	64	38	328
A ₂ B ₂	65	34	325	64	36	321
A ₂ B ₃	67	34	300	65	35	300
A ₂ B ₄	67	34	290	65	32	398
A ₂ B ₅	68	35	287	67	30	298
A ₃ B ₁	65	45	353	64	42	335
A ₃ B ₂	66	36	345	64	40	320
A ₃ B ₃	66	34	315	65	32	321
A ₃ B ₄	67	33	300	66	30	315
A ₃ B ₅	68	30	297	67	29	301
A ₄ B ₁	66	34	345	65	35	330
A ₄ B ₂	68	30	310	66	30	310
A ₄ B ₃	68	33	287	66	29	286
A ₄ B ₄	69	29	272	67	26	275
A ₄ B ₅	70	28	265	68	24	267
A ₅ B ₁	66	27	336	65	38	331
A ₅ B ₂	68	26	325	68	27	326
A ₅ B ₃	72	25	255	70	27	235
A ₅ B ₄	73	25	250	70	22	230
A ₅ B ₅	74	21	230	73	22	224

B. Tegangan Putus

Tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai putus, jika nilai tegangan putus makin besar menunjukkan kompon karet makin elastis (Basseri, 2005). Dengan pengujian ini dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengusangan pada waktu vulkanisasi. Vulkanisasi merupakan suatu proses pembentukan jaringan tiga dimensi pada struktur molekul karet sehingga karet berubah sifat dan thermoplastik menjadi stabil terhadap panas dengan perbaikan pada sifat-sifat elastisitasnya. Hasil uji sifat fisik vulkanisat karet dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengujian tegangan putus nilai tertinggi yaitu 45 N/mm², nilai terendah yaitu 21 N/mm², seluruh perlakuan memenuhi SNI Lis Kaca Kendaraan Bermotor SNI 06-1490-1989

(Min 10). Campuran bahan pengisi batu apung dan *clay* akan mempengaruhi sifat fisik dari kompon karet, hal ini dikarenakan bahan pengisi batu apung dan *clay* berfungsi sebagai bahan pengisi yang mengandung senyawa SiO₂ dimana batu apung mengandung SiO₂=66,2% sedangkan *clay* SiO₂=% (Pramudono, 1997; Sebayang, 2010).

C. Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus adalah pertambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan persentase dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus (*elongation at break*) bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari karet vulkanisat dan thermoplastik dan termasuk penentuan yield point melalui kekuatan dan

pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus. Hasil uji parameter perpanjangan putus kompon karet dengan perlakuan n batu apung dan clay disajikan pada Tabel 1.

Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet dari batu apung dan clay nilai tertinggi yaitu sebesar 353 %, nilai terendah yaitu sebesar 230 %. seluruh perlakuan memenuhi SNI Lis Kaca Kendaraan Bermotor SNI 06-1490-1989 (Min 200). Nilai perpanjangan putus dipengaruhi oleh penambahan bahan pengisi. Penambahan bahan pengisi yang tidak tepat akan mempengaruhi sifat fisika dari kompon karet. Sesuai dengan pendapat Herminiawati (2003) yang mengatakan bahwa, perpanjangan putus dipengaruhi kadar bahan pengisi dan bahan pelunak. Nilai perpanjangan putus berbanding lurus dengan tegangan putus.

D. Ketahanan Usang

Pengusangan mengakibatkan turunnya sifat fisik barang karet, seperti karet menjadi keras, lunak dan lengket. Penurunan sifat fisik disebabkan terjadinya degradasi karet karena oksidasi oleh oksigen dan ozon. Oksidasi dipercepat dengan adanya panas, sinar ultra violet, lembab dan logam yang mengkatalisa oksidasi. Uji ketahanan usang bertujuan untuk mengetahui kemunduran sifat-sifat fisik kompon karet seperti kekerasan, tegangan putus dan perpanjangan putus setelah pengusangan dalam waktu tertentu. Menurut Arpah dan Syarif (2000), suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu produk. Semakin tinggi suhu pengusangan, maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat, hal ini dikarenakan panas akan mempercepat proses oksidasi dan degradasi pada vulkanisat karet.

1. Kekerasan

Kemunduran kekerasan hasil pengujian dengan nilai tertinggi yaitu 73 shore A, dan terendah yaitu 64 shore A. Hasil pengujian kemunduran kekerasan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kekerasan kompon karet setelah pengusangan tanpa mengalami perubahan diperoleh pada formula A_1B_1 yaitu 65 shore A dan formula A_5B_2 yaitu 68 shore A. Nilai kekerasan kompon adanya perubahan setelah pengusangan dibanding sebelum pengusangan. Pada waktu pemanasan akan terjadi reaksi ikatan silang gugus aldehida dan reaksi oksidasi yang memutuskan rantai molekul karet (Refrizon, 2003). Nilai pengusangan dalam penelitian ini untuk semua perlakuan memenuhi SNI 06-1490-1989 Persyaratan Mutu Lis Kaca Kendaraan bermotor. Kemunduran nilai kekerasan yang baik terdapat pada formula A_1B_1 dan A_5B_2 .

Reaksi ikatan silang antara gugus aldehid berjalan lamban dan sangat dipengaruhi oleh tingkat kadar air yang terdapat dalam karet tersebut. Semakin kering akan semakin dipercepat terjadinya reaksi ikatan silang gugus aldehida tersebut (Burfield, 2003). Kecepatan reaksi kondensasi ikatan silang aldehida lebih cepat dibandingkan kecepatan pemutusan ikatan rantai oleh reaksi oksidasi. Sehingga karet akan mengalami pengerasan setelah pengusangan dengan suhu 70 °C.

2. Tegangan putus

Kemunduran tegangan putus hasil pengujian dengan nilai tertinggi yaitu 42 N/mm², dan terendah yaitu 22 N/mm². Pengusangan mengakibatkan turunnya sifat fisik mekanik seperti tegangan putus selama masa penggunaan seperti karet menjadi retak, lunak dan lekat lekat. Penurunan sifat fisik ini disebabkan terjadinya degradasi karet karena oksidasi oleh oksigen dan ozon (Chandra dan Rustgi, 1997). Hasil pengujian kemunduran tegangan putus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tegangan putus kompon karet setelah pengusangan yang tanpa mengalami perubahan diperoleh pada formula A_1B_4 yaitu 37 N/mm², A_1B_5 , yaitu 38 N/mm² dan formula A_4B_2 , yaitu 30 N/mm². Nilai pengusangan dalam penelitian ini untuk semua perlakuan memenuhi SNI 06-1490-1989

Persyaratan Mutu Lis Kaca Kendaraan Bermotor. Kemunduran nilai tegangan putus yang baik terdapat pada formula A_1B_4 , A_1B_5 , dan A_4B_2 .

3. Perpanjangan putus

Nilai kemunduran perpanjangan putus hasil pengujian dengan nilai tertinggi yaitu 398% dan terendah yaitu 224%. Hasil pengujian kemunduran perpanjangan putus dapat dilihat pada tabel 1. Seluruh perlakuan memenuhi SNI Lis Kaca Kendaraan Bermotor SNI 06-1490-1989 (Min 210). Interaksi bahan pengisi dari batu apung dan clay yang mengandung komposisi SiO_2 sekitar 60% sehingga mengakibatkan tidak merubah struktur ruang dari molekul karet. Modifikasi kimia yang merubah struktur ruang teratur dari molekul karet dapat menurunkan kekuatan dari karet tersebut (Surya, 2002).

Hasil uji kompon yang baik terdapat pada formula A_4B_4 dengan bahan pengisi batu apung berbanding clay yaitu 60 : 40 dan jumlah bahan pengisi yang digunakan yaitu 80 phr. Adapun karakteristik fisik kompon yang dihasilkan mempunyai nilai yaitu Kekerasan (*hardness*) = 69 shore A, Tegangan putus (*tensile strength*) = 29 N/mm², Perpanjangan putus (*elongation at break*) = 272% dan Ketahanan Usang untuk parameter kekerasan = 67 shore A, tegangan putus 26 N/mm², perpanjangan putus 275%, dari ke 6 (enam) hasil uji yang dilakukan untuk semua parameter memenuhi SNI 06-1490-1989 Lis kaca Kendaraan Bermotor.

KESIMPULAN

Hasil uji kompon yang baik terdapat pada formula A_4B_4 dengan bahan pengisi batu apung berbanding clay yaitu 60 : 40 dan jumlah bahan pengisi yang digunakan yaitu 80 phr. Adapun karakteristik fisik kompon yang dihasilkan mempunyai nilai yaitu kekerasan (*hardness*) = 69 shore A, tegangan putus (*tensile strength*) = 29 N/mm², perpanjangan putus (*elongation at break*) = 272% dan ketahanan usang untuk parameter kekerasan = 67 shore A,

tegangan putus 26 N/mm², perpanjangan putus 275%, dari ke 6 (enam) hasil uji yang dilakukan untuk semua parameter memenuhi SNI 06-1490-1989 Lis kaca kendaraan bermotor.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang umur simpan kompon karet dengan menggunakan campuran batu apung dan clay.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ka. Baristand Industri Palembang atas kelancaran dalam melakukan penelitian ini dan Bapak/Ibu yang mendukung riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A.A. (2005). Bahan Kimia untuk Kompon Karet. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor. Bogor.
- Arpah, M. dan Syarif, R. (2000). Evaluasi model pendugaan umur simpan pangan dari difusi Hukum Fick Unidireksional. *Bulletin Teknologi dan Industri Pangan* XI(1): 11-16.
- Basseri, A. (2005). Teori praktek barang jadi karet. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Boonstra, B.B. (2005). Reinforcement by filler. *J. Rubber Age*, 92(6) : 227-235.
- Burfield, D.R., Lim, K.L., and Law, K.S. (2003). Epoxidation of Natural Rubber Latexes Methods of Preparation and Properties of Modified Rubbers. *Journal of Applied Polymer Science*, 29(5) : 1661-1673
- Chandra, A. Budiastuti, S dan Sunarto. (2014). Strategi Pengelolaan Lingkungan Akibat Dampak Penambangan Breksi Batuapung di Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Provinsi Diy. *Jurnal Ekosains*. VI(2): 1-13.
- Chandra, R dan Rustgi, R. (1997). Polymer Degradation and Stability, 56, 185.

- Mahaddilla, F.M. dan Putra, A. (2013). Pemanfaatan batu Apung sebagai Sumber Silika dalam Pembuatan Zeolit Sintetis. *Jurnal Fisika Unand*, 2(4) : 262-268.
- Miskah, S. (2010). Pemanfaatan Batu Apung (*Pumice*) sebagai Bahan Pemucat *Crude Palm Oil*. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2):75-81.
- Pramudono, B. (1997). Kemungkinan Batu Apung sebagai Adsorbent Ion-Ion Logam Berat. Reaktor Edisi X. Universitas Diponegoro.
- Refrizon. (2003). Viskositas Mooney Karet Alam. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rihayat. (2007). Sintesa dan karakteristik sifat mekanik karet nano komposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1) : 1-6.
- Sebayang, P., Muljadi, Ginting, M. dan Henry. (2010). Pembuatan Keramik Gerabah Berbasis Limbah Padat dari Industri Pulp dan Tanah Liat. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 33(2) : 79-85.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) Standard Nasional Indonesia Persyaratan Mutu Lis`Kaca Mobil. SNI 06-1490-1989
- Surya, I. (2002). Pengaruh Penambahan Pengisi Penguat terhadap Sifat Uji Tarik Karet Alam Terepoksida. *Jurnal Teknik Simetrika*. 1 : 68-74.
- Thomas, J. (2005). Pengujian sifat fisika. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Wibowo, A.Y. dan Putra A. (2013). Pengaruh Ukuran Partikel Batu apung terhadap Kemampuan Serapan Cairan Limbah Logam Berat. *Jurnal Fisika Unand* . 2(3): 155-161.